

Année

THÈSE

N°

POUR

LE DOCTORAT EN MÉDECINE

Présentée et soutenue le 22 juillet 1886, à 1 heure

PAR EUGÈNE PAYEN,

Né à Amiens (Somme), le 22 janvier 1854.

QUELQUES CONSIDÉRATIONS

AU SUJET DE L'INFLUENCE DES MOUVEMENTS

SUR LA

CIRCULATION VEINEUSE DES MEMBRES

Président : M. VULPIAN, professeur.

Juges : MM. } BOUCHARD, professeur.

HANOT, HUMBERT, agrégés.

Le Candidat répondra aux questions qui lui seront faites sur les diverses parties de l'enseignement médical.

PARIS

A. PARENT, IMPRIMEUR DE LA FACULTÉ DE MÉDECINE

A. DAVY, Successeur

52, RUE MADAME ET RUE MONSIEUR-LE-PRINCE, 14

1886

FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

Doyen..... M. BECLARD.
Professeurs.....

Anatomie.....	MM. SAPPEY.
Physiologie.....	BECLARD.
Physique médicale.....	GAVARRET.
Chimie organique et chimie minérale.....	GAUTIER.
Histoire naturelle médicale.....	BAILLON.
Pathologie et thérapeutique générales.....	BOUCHARD.
Pathologie médicale.....	PETER.
	DAMASCHINO.
	GUYON.
Pathologie chirurgicale.....	LANNELONGUE
Anatomie pathologique.....	CORNIL.
Histologie.....	Mathias DUVAL.
Opérations et appareils.....	DUPLAY.
Pharmacologie.....	REGNAULD
Thérapeutique et matière médicale.....	HAYEM.
Hygiène.....	PROUST.
Médecine légale.....	BROUARDEL.
Accouchements, maladies des femmes en couche et des enfants nouveau-nés.....	TARNIER.
Histoire de la médecine et de la chirurgie.....	LABOULEBÈNE.
Pathologie comparée et expérimentale.....	VULPIAN.
	SEE (G.).
Clinique médicale.....	JACCOUD.
	HARDY.
	POTAIN
	GRANCHER.
Clinique des maladies des enfants.....	BALL.
Clinique de pathologie mentale et des maladies de l'encéphale.....	FOURNIER.
Clinique des maladies syphilitiques.....	CHARCOT.
Clinique des maladies nerveuses.....	RICHEL.
	VERNEUIL.
Clinique chirurgicale.....	TRELAT.
	LE FORT.
Clinique ophthalmologique.....	PANAS.
Clinique d'accouchements.....	PAJOT.

DOYEN HONORAIRE : M. VULPIAN

Professeur honoraire M. GOSSELIN.

Agrégés en exercice.

MM.	MM.	MM.	MM.
BLANCHARD.	GUEBHARD.	PEYROT.	RIBEMONT.
BOUILLY.	HALLOPEAU.	PINARD.	DESSAIGNES.
BUDIN.	HANOT.	POUCHET.	RICHELOT.
CAMPENON.	HANRIOT.	QUINQUAUD.	Ch. RICHEL.
	HUMBERT.	RAYMOND.	ROBIN (Albert).
DEBOVE.	HUTINEL.	RECLUS.	SEGOND.
FARABEUF, chef	JOFFROY.	REMY.	STRAUS.
des travaux anatomiques.	KIRMISSON.	RENDU.	TERRILLON.
GARDEL.	LANDOUZY.	REYNIER.	TROISIÈRE.

Secrétaire de la Faculté : Ch. PUPIN.

Par délibération en date du 9 décembre 1789, l'Ecole a arrêté que les opinions émises dans les dissertations qui lui seront présentées, doivent être considérées comme propres à leurs auteurs, et qu'elle n'entend leur donner aucune approbation ni improbation.

A MON PRÉSIDENT DE THÈSE

M. LE PROFESSEUR VULPIAN

Doyen honoraire de la Faculté de médecine.



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41550214_0082

QUELQUES CONSIDÉRATIONS

AU SUJET DE L'INFLUENCE DES MOUVEMENTS

SUR LA

CIRCULATION VEINEUSE DES MEMBRES

INTRODUCTION

Le corps humain étant obligé de s'adapter à des conditions de milieu très diverses, nous voyons souvent nos organes se détourner de leur fonction principale et prendre un rôle qui, à première vue, ne paraît point fait pour eux.

Je choisis deux exemples entre mille :

Par leur nature, les muscles sont les organes actifs du mouvement ; cependant, dans certaines lésions où les mouvements seraient nuisibles, ils se tétanisent, deviennent rigides comme des ligaments, et l'immobilité absolue résulte de leur action.

Le diaphragme est essentiellement préposé aux fonctions respiratoires : secondairement, il contribue à fournir aux membres un solide point d'appui

dans l'effort ; il est aidé dans ce cas par les muscles de la glotte qui semblent uniquement destinés à produire des sons, etc., etc.

Quelque chose d'analogue se passe dans le phénomène de la circulation : le cœur paraît seul chargé de mouvoir le sang ; et, en réalité, il peut y suffire dans la plupart des cas. Pourtant il existe, pour lui venir en aide, de petites forces accessoires empruntées de côté et d'autre et quelquefois fort utiles.

C'est surtout dans les veines que ces forces secondaires trouvent à s'exercer, et c'est là qu'elles peuvent rendre le plus de services, car l'impulsion cardiaque, si énergique dans les artères, est très affaiblie dans les veines à cause du frottement qu'elle a rencontré dans les capillaires.

Parmi ces causes secondaires de circulation, les unes sont constantes, les autres intermittentes : les unes n'utilisent pas les valvules, les autres mettent à profit la structure de ces petits organes. Comme ce travail s'applique seulement à la cause qui résulte de l'influence des mouvements, je me contente d'énumérer rapidement les autres :

Nous avons d'abord l'aspiration produite par la dilatation du thorax, pendant le premier temps de la respiration. Ce phénomène a été bien étudié par Valsalva, Barry, Berard et Poisseuille.

Une seconde aspiration résulte de la dilatation active des oreillettes et des ventricules agissant à la façon d'une poire de caoutchouc.

Les autres causes sont placées dans le système veineux ; ce sont :

Les mouvements de contraction de la paroi veineuse, lorsqu'ils ont une marche péristaltique ;

La pression produite par le pouls artériel sur les veines satellites ;

La compression des vaisseaux plantaires par le poids du corps pendant la marche. (Le Dentu.)

L'action de la pesanteur : cette cause devrait plutôt s'appeler : influence des changements d'attitude, car, pendant le repos, la pesanteur ne peut accélérer le cours du sang. (Voir plus loin, page 19.)

Vient enfin le rôle des mouvements : ce rôle est à peu près universellement reconnu comme efficace ; mais, jusqu'à présent, j'ai toujours vu qu'on le ramenait à celui de la contraction musculaire ; le muscle, dit-on, agit sur les veines sous-aponévrotiques à la façon d'une pompe foulante ; en se contractant, il exprime le sang contenu dans son voisinage et les valvules dirigent celui-ci vers le cœur.

Si maintenant nous voulons pénétrer un peu plus avant dans la question, nous remarquons entre les auteurs de notables divergences d'opinion : les uns attribuent aux valvules une assez grande importance ; d'autres, se fondant sur la minceur de ces petites membranes, les considèrent comme trop délicates pour un usage soutenu.

Cependant la fragilité des valvules n'est pas telle qu'on pourrait tout d'abord le supposer : dans les injections anatomiques, elles résistent bien à la pous-

sée de la seringue; Braun, qui a fait des expériences sur ce sujet, démontre que chez l'homme certaines valvules peuvent supporter sans se rompre le poids d'une colonne d'eau d'un mètre de hauteur; cette violence est loin d'être comparable à celles, bien atténuées, que les valvules rencontrent dans les conditions physiologiques. Nous verrons plus loin que l'effort à soutenir par ces petites membranes est considérablement réduit : 1° par leur nombre ; 2° par l'action protectrice de la vis à tergo.

En considérant les valvules comme un appareil d'exception, on est obligé d'attribuer au corps humain un luxe de structure que nous ne sommes guère habitués à y rencontrer. Nous savons, au contraire, que le principe d'économie est la règle qui préside au développement des organismes. Il me semble donc que, loin de tendre à restreindre l'importance des valvules il est préférable de rechercher si elles n'ont pas quelques fonctions encore peu étudiées; fonctions qui seraient partagées aussi bien par les valvules du réseau profond que par celles du réseau superficiel, mais qu'on pourrait surtout attribuer à ces dernières fort déshéritées jusqu'à présent.

Nous disions tout à l'heure que le rôle du mouvement dans la circulation veineuse était généralement ramené à celui de la contraction musculaire. Je crois qu'en faisant ainsi on laisse de côté un des éléments de la question ; en effet, pendant qu'un membre est en activité, toute sa masse reçoit un

ébranlement plus ou moins énergique; cet ébranlement se communique intégralement aux colonnes veineuses y contenues; or, le fluide sanguin possède les mêmes qualités de mobilité et d'inertie que tout le reste de la matière; les principes qui régissent les forces physiques : lois de mécanique ou d'hydraulique, lui sont donc entièrement applicables.

Il existe des appareils hydrauliques dont le principe est précisément fondé sur l'utilisation d'une série de secousses reçues puis communiquées à un courant liquide; ils servent à élever l'eau, mais leur usage restreint fait qu'ils sont généralement peu connus.

Au point de vue qui nous occupe cependant, ces appareils ont une importance réelle, et c'est pourquoi j'ai cru devoir donner une large place à leur description. Toute la première partie de ce travail sera consacrée à les étudier. Dans la seconde nous appliquerons au cours du sang veineux les théories qu'ils nous auront permis d'établir.

PREMIÈRE PARTIE

Si l'on parcourt les galeries du Conservatoire des Arts-et-Métiers, on peut voir exposé, dans la section B, 17, au numéro 4315, un appareil inscrit sous le nom de « canne hydraulique » (fig. 1). Cet instrument faisait déjà partie de la collection avant l'année 1849. Mais, rien qu'à voir sa structure, on peut hardiment conclure qu'il est d'une époque fort antérieure et remonte peut-être même au siècle dernier. Il consiste en un gros tube de verre T d'environ deux mètres de longueur, muni à son extrémité supérieure d'une soupape à clapet S et plongeant par son extrémité inférieure dans un vase V rempli d'eau. Ce tube peut se mouvoir verticalement et il est suspendu à la fois à un arc métallique A et à une bielle B commandée par le rouet Rr. Dès lors on conçoit ce qui doit se passer quand on fait tourner le rouet : la bielle tend à imprimer au tube une série d'oscillations régulières de bas en haut, mais l'élasticité de l'arc intervient et transforme ces oscillations en secousses brusques, beaucoup plus propices pour le résultat cherché.

Le jeu de cet appareil est fondé sur le principe d'inertie des liquides. Un exemple bien simple fera comprendre ce qu'on entend par ce mot :

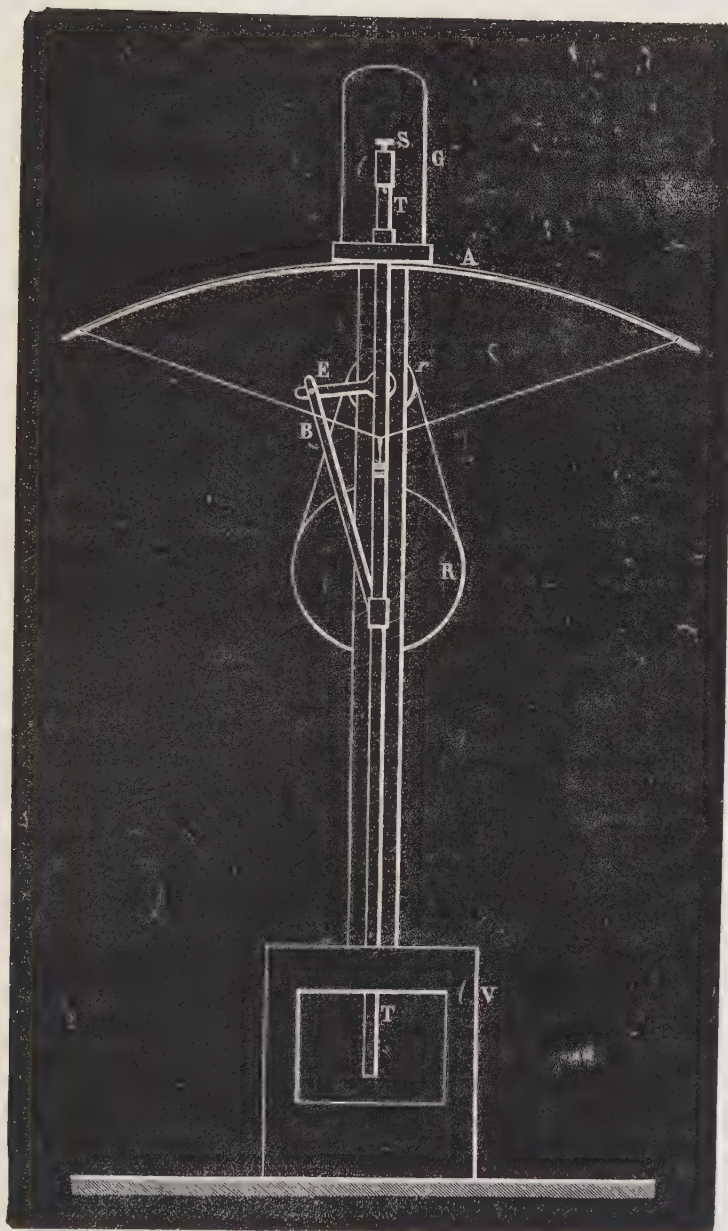


Fig. 1.

Prenons un verre d'eau contenant des objets flottants pour mettre en évidence les mouvements du liquide, et faisons pivoter ce verre sur lui-même ; on verra que l'eau ne suit pas immédiatement le mouvement de rotation, mais reste pendant quelques instants immobile ; cependant, si la rotation continue, le frottement des parois finira par l'entraîner et elle se mettra à tourner aussi vite que le verre. Si, à ce moment, nous arrêtons brusquement celui-ci, l'eau, emportée par son impulsion, continuera de tourner jusqu'à ce que le frottement soit venu de nouveau y mettre obstacle.

Cette impuissance de l'eau à modifier par elle-même son état de repos ou de mouvement est ce que l'on désigne par le terme d'inertie.

Observons maintenant ce qui se passe dans la canne hydraulique quand on la fait fonctionner :

Au commencement de son action le tube s'abaisse et une certaine quantité d'eau pénètre dans son intérieur. L'air comprimé s'échappe par la soupape en quantité correspondante, puis la soupape se ferme et, quand le tube remonte, il soulève avec lui toute l'eau qui y est entrée ; l'ascension du tube se termine par un arrêt brusque ; alors l'inertie du liquide entre en jeu ; entraîné par son mouvement de bas en haut, il franchit un certain espace en chassant l'air devant lui ; celui-ci soulève de nouveau la soupape et continue de sortir, de plus la colonne d'eau s'est élevée d'une certaine hauteur, proportionnelle à l'énergie de la secousse, et cette hauteur, une fois atteinte, reste

acquise par la fermeture de la soupape ; alors le tube redescend et la même série de phénomènes se reproduit.

Au bout de quelques instants, l'eau atteindra la soupape ; la canne hydraulique est amorcée, et à la fin de chaque oscillation ascendante on verra sortir un jet de liquide par l'orifice supérieur.

Sur la figure, on a placé à cet endroit un globe G ; il n'a d'autre utilité que de protéger les spectateurs contre les éclaboussures.

L'instrument que nous venons d'étudier est plus curieux qu'utile, cependant divers traités d'hydraulique le mentionnent sous des noms divers : canne hydraulique, pompe chinoise, pompe sans piston. — La forme qu'on lui donne est également susceptible de nombreux changements ; M. Gaston Tissandier en décrit trois principales que nous examinerons bientôt. (*Nature*, 17 janvier 1885, p. 111.)

La canne hydraulique, disons-nous, n'est guère susceptible d'applications pratiques, mais par contre le physiologiste peut tirer parti du principe sur lequel elle repose. En effet, il n'est pas besoin d'être profond observateur pour être frappé de l'analogie qu'elle présente avec la structure des veines. Dans l'appareil de physique, comme dans l'appareil physiologique, nous avons un liquide circulant dans un canal avec une vitesse variable. Dans le premier il existe une soupape qui empêche les oscillations d'être rétrogrades ; mais, dans le second, il y a des valvules dont le fonctionnement est encore plus par-

fait : des deux côtés il y a du mouvement. Il est vrai que dans la pompe sans piston ce mouvement est bien défini, qu'il est coordonné de manière à produire l'ascension du liquide, tandis que les mouvements passifs auxquels est soumis le système veineux sont quelconques et souvent incapables de concourir à la circulation du sang. Mais nous verrons cependant qu'il en reste assez d'utilisables à ce point de vue et qu'un grand nombre de mouvements rythmiques, tels que la marche, sont dans ce cas. Sans doute l'accélération du sang noir produite par l'activité des membres cesse avec la cause qui lui a donné naissance, mais il n'y a point là une imperfection, tant s'en faut ; pendant le repos, le cœur n'a pas besoin d'être soulagé dans sa tâche. Quand les muscles travaillent, au contraire, l'irrigation sanguine devient plus abondante. Qu'en même temps le retour du sang se trouve facilité dans les veines par l'utilisation de forces perdues, il y aura tout profit pour l'organisme.

A l'exemple de M. Gaston Tissandier, j'ai construit des pompes chinoises de différents modèles ; en général, elles consistent simplement en un tube de verre d'un mètre de longueur, muni d'un bouchon percé et d'une soupape en peau de chamois mouillée ; le bouchon et la soupape sont placés tantôt à l'extrémité supérieure (fig. 2), tantôt au milieu (fig. 3), tantôt à l'extrémité inférieure (fig. 4) du tube. Pour ces deux derniers cas, il est avantageux de se servir de tubes à entonnoir. Les figures

ci-jointes expliquent leur agencement mieux que ne saurait le faire une longue description. Désirant avoir plus de ressemblance avec les veines, qui sont, on le sait, pourvues de valvules nombreuses, j'ai même superposé plusieurs de ces petites pompes, en enfilant les tubes à entonnoir les uns dans les autres, jusqu'à trois ou quatre (fig. 5). Hâtons-nous de

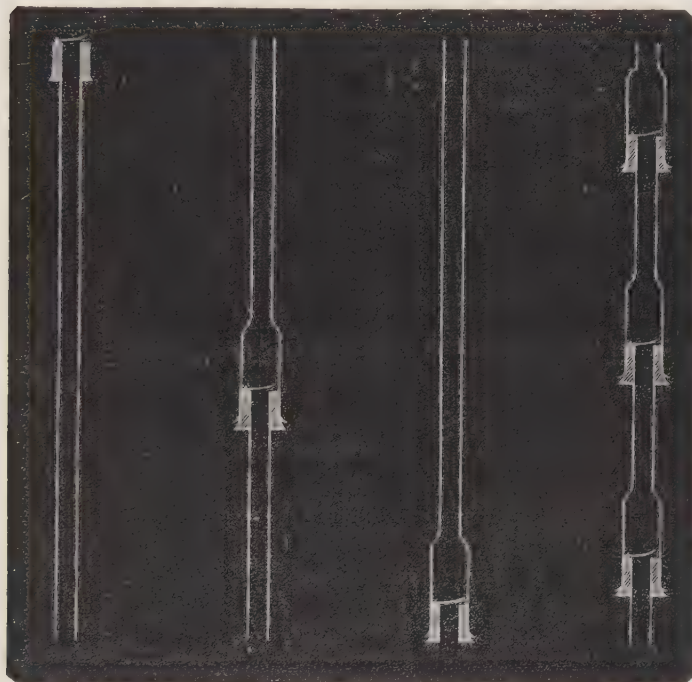


Fig. 2.

Fig. 3.

Fig. 4.

Fig. 5.

le dire, au point de vue du principe, cette disposition est inutile ; elle n'a d'autre effet que de soulager les soupapes, en diminuant la hauteur de la colonne d'eau que chacune doit supporter. (Est-ce pour cette raison que les valvules veineuses sont si multipliées ?

La suite de ce travail nous montrera que cette hypothèse est assez vraisemblable).

Quoi qu'il en soit, en expérimentant ces différents systèmes de pompe sans piston, on constate qu'il suffit de leur imprimer un petit nombre de secousses et de donner à ces secousses une faible amplitude, pour amener rapidement l'eau à la partie supérieure du tube. Souvent même on est surpris par la vitesse de cette ascension et on est arrosé si l'on n'y prend garde.

Telle que je viens de la décrire, la pompe sans piston est encore bien éloignée de la veine qu'elle prétend représenter. Une des premières dissimilitudes consiste en ceci : elle est formée d'un tube rigide, tandis que les parois veineuses sont essentiellement élastiques ; mais en cela l'avantage est du côté de la veine. On ne sera donc pas surpris d'apprendre qu'ayant remplacé le réservoir inférieur, dans lequel plongeait le tube de verre, par un ballon de caoutchouc plein d'eau, j'ai vu celle-ci s'élever plus rapidement. Cette expérience, d'ailleurs, est conforme avec la loi d'hydrodynamique suivante : Tout flux liquide intermittent circulant dans un conduit élastique fournira un débit plus considérable que dans un canal rigide. Aussi je ne crois pas nécessaire d'insister.

Une seconde différence, beaucoup plus importante, est la suivante :

La force qui fait circuler l'eau dans la pompe chinoise s'exerce contrairement à la pesanteur ; à

chaque secousse, elle doit supporter le poids de toute la colonne liquide, plus celui de l'appareil, et, en comparaison avec le résultat obtenu, cela nécessite des efforts assez énergiques. Ces conditions se rencontrent-elles dans les veines? et la circulation y est-elle influencée par la pesanteur?

Cette question est assez complexe : la circulation est un phénomène dans lequel interviennent de nombreux facteurs: aussi, pour résoudre le problème d'une manière satisfaisante, je crois nécessaire d'examiner séparément l'effet de la pesanteur : 1° sur le cœur; 2° sur la paroi veineuse; 3° sur le cours du sang; 4° sur les forces accessoires qui utilisent les mouvements et font l'objet de cette étude.

1° Sur le jeu du cœur, la pesanteur n'a aucune action. En effet, le système circulatoire est complètement fermé et les artères communiquent directement avec les veines, par les capillaires. Pour bien saisir l'importance de cette disposition, supposons le cycle artério-veineux divisé en deux arcs : l'un infra-cardiaque, à concavité tournée vers le haut; l'autre supra cardiaque, à concavité regardant vers le bas. Le premier de ces deux arcs obéit à la théorie des vases communicants; le second, à celle du siphon. Dans chacun d'eux il y aura équilibre parfait entre les colonnes artérielles et les colonnes veineuses : le sang remontera, dans la veine cave inférieure, jusqu'au niveau du cœur, à cause du contre-poids que lui oppose la colonne sanguine contenue dans l'aorte descendante.

Pour la même raison, le sang contenu dans la veine cave supérieure et dans les jugulaires n'aura aucune tendance à descendre plus bas que le niveau auquel il affleure à l'origine de l'aorte, retenu qu'il est, en arrière, par le contre-poids des colonnes équivalentes contenues dans la crosse de l'aorte et dans les carotides.

Si donc une cause active, telle que le cœur, vient à refouler le sang dans les artères, faudra-t-il une force nouvelle pour faire remonter celui-ci dans les veines? Évidemment non; le principe d'équilibre suffira.

Pour donner plus de valeur à ce qui précède, je ne crois pas inutile d'emprunter à Wundt la citation suivante :

« Le système vasculaire des animaux peut être
« assimilé à un ensemble de vases communicants,
« dans lequel l'action du cœur développe périodi-
« quement une inégalité de pression, en prenant
« aux veines une certaine quantité de sang, pour le
« faire pénétrer de force dans les artères. C'est en
« vertu de cet excès de pression, à l'origine du sys-
« tème artériel, sur celle qui existe à l'autre extré-
« mité du système circulatoire, que le sang circule,
« car dans les vaisseaux sanguins de l'organisme
« animal, de même que dans un système de vases
« communicants, la pression tend constamment à
« s'égaliser sur tous les points. En somme, la force
« qui détermine la progression du sang consiste dans
« une rupture d'équilibre hydrostatique, et la cir-

« culation n'est autre chose que le fait même du ré-
« tablissement de cet équilibre. »

On conçoit donc l'avantage d'un moteur fonctionnant dans ces conditions : les positions variées du corps seront absolument sans influence sur son jeu, et il n'aura pas d'autres résistances à vaincre que le frottement. Il est vrai que, pour le cas présent, ce frottement est très considérable, surtout dans les capillaires, et qu'il nécessite, de la part du cœur, un effort énergique et répété ;

2° La paroi veineuse ne jouit pas de la même immunité que le cœur vis-à-vis de la pesanteur ; il en est des veines comme de tous les réservoirs à parois élastiques, elles cèdent et se laissent distendre dans les endroits où la poussée est la plus forte : aussi voyons-nous les parties déclives de l'organisme tendre à se congestionner plus ou moins, tandis que les parties élevées sont olighémiées ;

3° L'action de la pesanteur sur le cours du sang est un corollaire du fait précédent : tant que l'organisme reste en repos, elle est nulle ; mais si, par exemple, un membre, primitivement horizontal, vient à s'abaisser, les veines se dilateront dans ce membre et le cours du sang y sera retardé du temps nécessaire pour emplir la dilatation produite ; puis ensuite il continuera d'y être un peu moins rapide, comme cela se passe pour le courant d'une rivière qui traverse un lac, et qui se ralentit proportionnellement à la largeur de son lit ;

4° Quant à ce qui concerne les causes accessoires

de circulation, et particulièrement celle que nous étudions, il faut établir une distinction : si le rôle de ces causes se borne à aider le cœur, en concourant à la circulation générale, elles n'auront rien à démêler avec la pesanteur; si, au contraire, elles joignent à cette action celle de décongestionner les parties déclives, elles lutteront plus ou moins contre elle. Dans ce dernier cas, cependant, il est juste de reconnaître que l'antagonisme entre les deux forces est considérablement réduit par la contractilité veineuse; pratiquement, il se réduit à fort peu de chose.

En ce moment, nous laisserons de côté ce rôle décongestionnant, dévolu aux auxiliaires du cœur, et nous considérerons l'influence de la pesanteur comme nulle.

Pour continuer nos expériences dans ces conditions, il faut construire une pompe chinoise, dont le fonctionnement soit soustrait à l'action perturbatrice de la pesanteur.

On y arrive facilement en copiant la nature : il suffit d'intercaler l'appareil dans un canal circulaire. Prenons, par exemple, le schéma de Weber et remplaçons la poire de caoutchouc, qui simule le cœur, par une pompe sans piston, nous obtiendrons l'instrument représenté dans la figure 6 : la pompe se trouve en P, le canal circulaire est formé par un tube de caoutchouc, interrompu en V par un regard en verre, qui permet de voir ce qui se passe à l'intérieur.

Les choses étant ainsi disposées, on remplit le

tout avec de l'eau, en prenant la précaution de laisser quelques bulles d'air, pour rendre manifeste la marche du liquide; alors on soutient d'une main le tube de caoutchouc, puis, de l'autre, on fait osciller le tube à entonnoir dans le sens de son grand axe; immédiatement, on voit s'établir un courant et les bulles d'air, circulant rapidement dans le sens déterminé par la soupape, montent et descendent avec l'eau qui les entraîne.

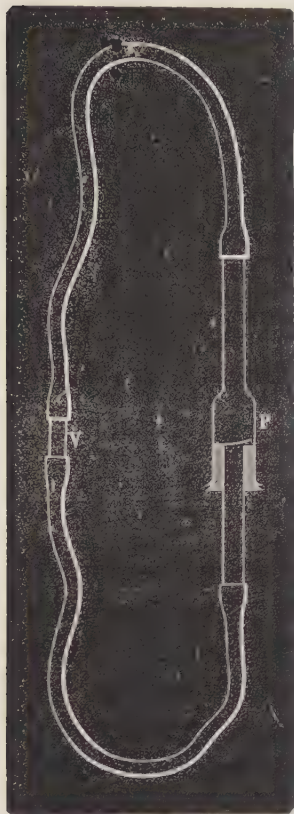


Fig. 6.

Ce moteur hydraulique, comparé aux précédents, offre les avantages suivants :

- 1° La force nécessaire pour le mettre en action peut être beaucoup moindre;
- 2° Il peut fonctionner dans toutes les positions, ce qui est un corollaire de ce fait qu'il est soustrait à l'influence de la pesanteur;
- 3° Il se prête mieux que les autres à l'examen direct, en même temps que sa ressemblance est plus parfaite avec le système veineux. Comme précédemment, les mouvements les mieux appropriés à son jeu sont des oscillations terminées par un arrêt brusque.

Passons maintenant de la description au fonctionnement de l'appareil. Pour plus de clarté, nous appellerons face supérieure de la soupape celle qui est libre; face inférieure celle qui s'applique sur le tube à obturer; les oscillations seront ainsi divisées en ascendantes et en descendantes. Il est facile d'observer que toutes deux ont un résultat également favorable.

Au commencement de l'oscillation ascendante, la soupape se ferme, elle fournit au liquide un point d'appui et, en s'élevant, elle lui donne une impulsion énergique de bas en haut; il survient un arrêt brusque, alors le liquide inerte continue son ascension, soulève la soupape et franchit un certain espace.

Pendant l'oscillation descendante, c'est le contraire qui a lieu. L'inertie du liquide se manifeste dès le début, il reste immobile dans l'espace, et c'est le tube qui se précipite au devant de lui, à soupape ouverte; cependant ce mouvement n'a pas lieu sans déterminer un frottement qui, au bout d'un instant, entraîne l'eau, de haut en bas, avec la pompe. Au moment de l'arrêt, cette eau continuerait donc à descendre dans le tube et l'avantage acquis serait perdu; mais la soupape intervient pour y mettre obstacle.

En résumé, on peut dire que la soupape permet à l'inertie du liquide de se manifester quand elle est utile et l'empêche de devenir nuisible.

J'ai tenu à faire remarquer que les deux oscilla-

tions étaient utilisables séparément, car dans l'organisme il y a des veines qui habituellement n'en ont qu'une à leur service. Par exemple : les veines horizontales du pied pendant la marche.

Après avoir constaté les avantages qui distinguent ce dernier schéma des précédents, il convient de signaler les différences qui le séparent encore de l'appareil physiologique dont il est l'image imparfaite.

Une première différence est la suivante : Dans un membre qui se meut, la veine ne ressent pas seule le contre-coup de ce mouvement, mais l'artère y participe également et l'ondée produite dans cette dernière est précisément inverse au point de vue de l'unité de direction du sang. Cela est tellement vrai que, si au lieu de maintenir immobile de la main gauche le tube de caoutchouc V à courant descendant de notre appareil, nous imprimons des secousses générales à tout le système ; par exemple en le fixant contre une planchette et en agitant cette dernière, on obtient à peine un semblant de circulation : les deux ondées se neutralisent l'une par l'autre et le liquide sollicité à se mouvoir de deux côtés en sens contraire reste à peu près immobile.

Heureusement ce fait nuisible ne peut se produire dans l'organisme ; et, en se fondant uniquement sur l'anatomie de l'appareil circulatoire, on peut affirmer qu'il existe entre les artères et les veines, bien que soumises à un mouvement commun, une indépendance à peu près absolue.

En effet dans le schéma qui sert à établir notre théorie, les deux tubes communiquent à plein canal aussi bien par le haut que par le bas ; de plus, chacun d'eux est suffisamment inextensible ; il en résulte que les deux flux opposés, passant sans obstacle de l'un dans l'autre, produisent une interférence inévitable ; un simple retard d'un côté suffirait pour empêcher ce résultat.

Voyons maintenant les conditions de l'organisme : — la communication centrale entre les artères et les veines est interrompue par le cœur et la petite circulation, barrière plus qu'infranchissable. Quant à la communication périphérique, elle a lieu par l'intermédiaire des capillaires, c'est-à-dire par un ensemble de vaisseaux à élasticité assez grande, à frottements considérables, capables de briser l'ondée cardiaque et d'empêcher la propagation du pouls jusque dans les veines, — à bien plus forte raison ces capillaires opposeront-ils un obstacle aux ondes accessoires produites par les mouvements.

Ces considérations nous amènent à admettre que dans les artères, comme dans les veines, les mouvements déterminent des ondées en sens contraire, seulement elles ne peuvent se propager d'un vaisseau à l'autre et s'interférer réciproquement ; — du côté des artères, ce sera un va-et-vient insignifiant, bientôt détruit par l'élasticité des parois et noyé dans le flot cardiaque ; du côté des veines, au contraire, ce ne pourra être, grâce aux valvules, qu'un courant toujours orienté dans la même direction.

On pourrait, à la rigueur, construire un appareil dans lequel on tiendrait compte de ces particularités; mais il nécessiterait une certaine complication devant laquelle j'ai reculé. J'ai pensé, d'ailleurs, que le lecteur serait satisfait par les considérations qui précèdent.

La deuxième différence qui existe entre notre appareil et les vaisseaux est beaucoup plus importante.

Jusqu'à présent nous avons supposé pour la commodité de notre exposition que la pompe chinoise mettait en circulation un liquide primitivement immobile, mais dans l'organisme il n'en est pas du tout ainsi. Au moment de son arrivée dans les veines et pendant tout son trajet à l'intérieur de ces vaisseaux, le sang est animé d'une certaine vitesse résultant de l'action du cœur.— Il faudra désormais tenir compte de ce fait et reprendre à la fois expériences et raisonnements pour les modifier en conséquence.

Afin de bien comprendre l'importance du mouvement propre du sang, dans le cas actuel, prenons une comparaison :

Imaginons deux locomotives circulant dans le même sens et sur une voie unique; trois cas peuvent se présenter :

Ou bien la première de ces locomotives ira plus vite que la seconde et l'intervalle qui les sépare ira toujours en grandissant;

Ou bien leur vitesse sera égale et elles resteront toujours à la même distance.

Dans ces deux premiers cas, l'action de la seconde machine sur la première sera nulle.

Mais, si la seconde machine marche plus rapidement que la première, elle la rejoindra et, après un léger choc, lui communiquera une partie de sa vitesse propre.

Ces conditions sont exactement celles de la circulation veineuse : la première locomotive figurant le sang, la seconde représentant les valvules.

On peut en dire autant de la pompe sans piston, lorsqu'elle est traversée par un courant d'eau ; mais, avant de faire cette expérience, insistons un peu sur la théorie :



Fig. 7.

Soit un tube T (fig. 7), muni en S d'une soupape à clapet : Je suppose qu'un liquide circule dans ce tube avec une vitesse V représentée par la flèche qui porte cette lettre ; ce liquide maintiendra la soupape continuellement ouverte ; si maintenant on veut accélérer le cours du liquide en faisant osciller le tube, il est clair que la première chose à faire est de fournir au liquide un point d'appui sur la soupape ; pour cela il faut la fermer : mais pour la fermer, sans entraver le mouvement du liquide dans l'espace, il est de toute nécessité que la vitesse de la pompe soit

supérieure à celle de ce mouvement; elle devra donc être représentée par la flèche $V' > V$.

Tout ce qui précède s'applique à l'oscillation ascendante; pour l'oscillation descendante, il faut renverser le raisonnement. Alors, au lieu de forces qui s'ajoutent, nous aurons des forces qui se neutralisent, et même se renversent; mais la théorie ne sera pas changée, et il restera toujours comme condition indispensable : le jeu de la soupape et la proportion $V' > V$.

Le moyen le plus commode pour étudier ce phénomène, c'est d'intercaler la pompe chinoise dans un siphon à débit constant. Il faut seulement avoir soin de la relier à cet appareil par des tubes assez longs, pour qu'elle puisse se mouvoir sans changer le niveau des deux extrémités du siphon; si on la fait alors fonctionner, on vérifie facilement ce que nous disions plus haut. Quand la pompe chinoise est animée d'une vitesse moindre que celle de l'écoulement du siphon, rien n'est changé; si au contraire elle oscille plus rapidement, le débit est accru.

On peut donc dire que si V est plus grand que V' , ou lui est seulement égal, la pompe sans piston cesse d'être une pompe et devient un simple canal. C'est le cas des veines pendant le repos et les mouvements lents.

Ici se termine la première partie de ce travail. On peut la résumer toute entière dans les conclusions suivantes :

1. Dans un tube muni d'une soupape, et conte-

nant un liquide en circulation, toute secousse intermittente imprimée à ce tube dans le sens de son grand axe activera cette circulation, à condition d'être plus rapide qu'elle.

2. Les secousses obliques produiront un résultat analogue, mais l'effet sera proportionné à leur obliquité et pourra être calculé conformément aux lois du parallélogramme des forces.

DEUXIÈME PARTIE.

Dans tout ce qui précède, je ne me suis occupé que des appareils à l'aide desquels on peut se faire une idée de l'influence des mouvements sur la circulation veineuse.

Lorsque j'ai été obligé de parler de cette dernière, c'était uniquement pour me placer dans des conditions analogues et ramener l'expérimentation le plus près possible de la nature.

Désormais, nous en avons fini avec cette méthode ; regardant comme acquis les résultats précédents, il ne reste qu'à en faire l'application au cours du sang veineux.

Nous en étions restés à la loi qui préside au fonctionnement d'une pompe chinoise traversée par un flux liquide continu.

Cette loi s'étendant à tous les cas analogues est

encore vraie pour les vaisseaux, et pour en faire un principe de physiologie, il suffit d'en modifier l'énoncé de la façon suivante :

Une veine étant entraînée dans le mouvement d'un membre, le sang qu'elle contient reçoit une impulsion vers le cœur, à condition que le mouvement du membre soit dirigé à peu près dans le sens du grand axe de la veine, qu'il soit plus rapide que le cours actuel du sang veineux et se termine brusquement.

Ce principe une fois posé, j'aurais pu m'en contenter et arrêter là ce travail : peut-être même aurait-il été prudent de le faire ; mais, en restant ainsi cantonné dans les généralités, j'ai craint qu'on ne m'accusât d'être trop incomplet et d'avoir fait plutôt de la physique que de la physiologie. Pour éviter ce reproche, j'ai continué cette étude par l'examen des cas où le principe de la pompe sans piston était applicable à la circulation du sang. Sans doute il y aura plus d'une lacune à regretter dans certains endroits, et le défaut de mensurations absolument précises se fera sentir à plus d'une place ; malgré cela, j'espère avoir obtenu certains résultats. Le lecteur les appréciera comme il le jugera convenable.

Quant aux cas douteux, je me suis efforcé de les signaler sans parti-pris, en me bornant à exprimer les desiderata que je n'ai pu satisfaire complètement.

La première question qui se pose est la suivante :

La vitesse du sang veineux est-elle communément dépassée par celle des membres en activité ?

Pour la résoudre complètement, il faudrait connaître exactement la vitesse du sang veineux ; or, tous les auteurs s'accordent à dire que cette vitesse est essentiellement variable ; contentons-nous donc d'une solution moyenne et approximative ; nous verrons que cela suffit dans un grand nombre de cas.

Il est fort difficile de mesurer exactement la vitesse du sang dans les vaisseaux. Cependant les physiologistes sont arrivés, par des procédés que je ne décrirai pas ici, à démontrer que, dans l'aorte, le sang parcourt en moyenne 50 centimètres par seconde. Partant de ce principe et raisonnant par analogie, on peut calculer le chemin qu'il doit parcourir, pendant la même unité de temps, dans les veines correspondantes.

Nous savons que les espaces parcourus par le sang dans un temps donné sont inversement proportionnels aux aires correspondant à une section de l'appareil circulatoire : il ne nous reste qu'à déterminer la valeur proportionnelle de ces aires dans les artères et dans les veines, et nous pourrons ensuite poser les termes de notre équation.

Borelli, comparant la capacité du système veineux à celle du système artériel, les considère comme étant dans le rapport de 1 à 4. Pour Sauvages, la proportion est de 4 à 9, et pour Haller elle est de 1 à 2 $\frac{1}{4}$.

On le voit, l'accord n'est pas absolu, et, de fait,

sans parler des différences individuelles, il doit y avoir des variations considérables, suivant qu'on considère les veines à l'état de dilatation ou de resserrement; suivant aussi qu'on envisage telle ou telle portion du réseau veineux.

Ainsi, par exemple, dans les gros troncés, nous avons deux veines caves pour une seule aorte; mais dans les membres, et surtout à l'extrémité de ceux-ci, il y a pour une artère deux veines aussi grosses qu'elle, plus tout un système sous-cutané. On le voit, si la différence à l'origine des vaisseaux est à peu près comme 1 est à 2, elle doit être au moins comme 1 est à 3 dans le pied, la jambe, la main et l'avant-bras.

Donc, si nous voulons évaluer la vitesse du sang dans les veines, en la comparant à celle des artères, nous pourrions, en restant sensiblement exacts, dire qu'elle est plus faible d'environ un tiers au moins à l'extrémité des membres, par exemple dans la saphène.

Il faut maintenant rechercher la vitesse du sang artériel au même endroit: je ne sache pas qu'elle ait été directement appréciée dans toutes les fractions du système artériel. Tout ce que nous pouvons dire, c'est qu'elle est moindre dans les artères de deuxième et de troisième ordre que dans l'aorte. En effet, en additionnant les calibres des branches d'une artère, on les trouve toujours supérieurs à celui de cette artère.

A mon grand regret, je n'ai pas trouvé de chif-

fres pour exprimer cette loi; tout ce que nous savons, c'est qu'on considère l'arbre artériel et l'arbre veineux comme analogues pour leur capacité à deux cônes creux dont la base serait tournée vers les capillaires.

Donc, ayant exprimé la vitesse du sang dans la saphène comparée aux artères tibiales par le rapport $1/3$, il faudra diminuer un peu ce chiffre quand nous voudrions comparer le cours du sang de la saphène avec celui de l'aorte.

Le sang, avons-nous dit, fait dans l'aorte 50 centimètres par seconde; dans la saphène il fera environ 15 centimètres.

Désireux de contrôler les résultats que nous donne l'analogie avec ceux que fournit l'observation directe, j'ai recherché quelles expériences avaient été faites sur ce sujet, et j'ai trouvé que Wolkmann, en mesurant la vitesse du sang dans la jugulaire du chien, avait trouvé 20 centimètres par seconde; mais la jugulaire est une veine de grande dimension. Elle correspond à un niveau où le système veineux n'a pas un calibre beaucoup plus grand que le système artériel. On peut donc, pour l'extrémité des membres, réduire cette vitesse, ce qui nous ramène bien près du chiffre de 15 centimètres que nous avons adopté.

La vitesse du sang veineux étant connue, il reste à déterminer quels sont les mouvements des membres qui la dépassent en rapidité, tout en restant dans les autres conditions requises.

Il va sans dire que je n'ai pas la prétention de passer en revue tous les mouvements dont nous sommes capables ; je me bornerai donc à l'analyse de quelques-uns d'entre eux, laissant au lecteur le soin d'étendre aux autres les conclusions qui lui paraîtront justes.

En débutant par le membre inférieur, le premier mouvement dont l'analyse s'impose, c'est la marche.

Or, la marche produit des effets divers dans la jambe et dans le pied. Commençons par ce dernier.

Les veines du pied se divisent en un réseau profond et un réseau sous-cutané. M. Ledentu, qui a bien étudié l'effet du poids du corps sur les veines profondes, fait remarquer que celles-ci versent leur sang dans les veines superficielles ; il semblerait donc qu'en se vidant les premières devraient remplir rapidement les secondes et produire la distension de leurs parois. Or, si l'on fait marcher un individu les pieds nus, on observe précisément l'effet inverse, et les veines superficielles, gonflées pendant la station debout, se rétrécissent aussitôt que le sujet a fait quelques pas ; puis elles s'effacent de plus en plus jusqu'à ce que l'on s'arrête (1). Ce résultat doit-il infirmer la théorie de M. Le Dentu ? Je ne le crois

(1) On pourrait objecter que le rétrécissement des veines est dû à l'impression de froid produite par le renouvellement rapide de l'air autour des jambes en mouvement. Pour résoudre cette difficulté il suffit de faire marcher un sujet dans le même sens que le vent. Alors, s'il reste immobile, il ressent l'effet du courant d'air ; cet effet est affaibli quand il marche.

On constate même dans ce cas le dégonflement rapide des veines du pied.

pas. Il me semble plus logique de l'admettre, tout en reconnaissant qu'il existe dans les veines sous-cutanées une cause d'accélération du sang noir, indépendante de la compression plantaire et plus active qu'elle. Si donc elle la dépasse en rapidité, on conçoit qu'il doive se produire une diminution dans le calibre des vaisseaux où elle s'exerce.

Les veines sous-cutanées ou dorsales du pied ont deux directions principales : les unes cheminent d'avant en arrière, les autres de haut en bas. Les mouvements antéro-postérieurs du pied agissent sur les premières, les mouvements d'élévation sur les secondes.

Voyons d'abord l'effet des mouvements antéro-postérieurs sur les veines horizontales.

Tout le monde sait que dans la marche ordinaire on fait en moyenne deux pas par seconde, chacun d'eux ayant une étendue d'environ 75 centimètres, ce qui porte la vitesse du pied à 1 m. 50 par seconde; on voit que cette vitesse dépasse de beaucoup celle du sang veineux. Dans les veines horizontales, le sang chemine d'avant en arrière; les veines en mouvement, au contraire, se portent d'arrière en avant, c'est-à-dire au devant de lui avec une vitesse bien supérieure. Il en résulte le fait suivant : Par rapport au vaisseau, la rapidité du sang est accrue de la somme des deux vitesses opposées; Dans l'espace, au contraire, le mouvement primitif du sang est complètement annihilé, et le courant sanguin est même entraîné à rebours, puis à la fin du pas, sur-

vient l'arrêt brusque du pied, qui se pose sur le sol ; sans les valvules l'inertie du sang se manifesterait immédiatement ; il continuerait à suivre le mouvement à rebours qui l'emporte dans l'espace, et il se produirait dans les veines un reflux. Mais quand les vaisseaux sont sains, les valvules s'abaissent aussitôt, le reflux est empêché, et, après le choc subi par les valvules le cours du sang reprend sa direction primitive.

Toute la théorie que je viens d'énoncer reçoit une confirmation directe quand on observe un membre affecté de varices. Dans ce cas les valvules sont ou détruites, ou insuffisantes. Que l'on fasse marcher un sujet atteint de cette maladie, et l'on verra chaque fois que le pied se pose sur le sol une ondée en retour soulever les veines dilatées.

L'aspiration que les mouvements du pied produisent dans les veines doit être énergique ; on peut dire qu'elles avalent le sang en se précipitant au-devant de lui. J'imagine même que le resserrement réflexe des vaisseaux qui lui succède a en partie pour but de modérer cette action et de ménager le travail des valvules.

Venons maintenant à l'influence de la marche sur le cours du sang dans les veines verticales du pied et dans celles de la jambe : on peut réunir ces deux ordres de vaisseaux dans la même catégorie, car l'élévation du pied et celle de la jambe sont solidaires.

Tout à fait au début du pas le pied commence par

s'élever du côté du talon en pivotant autour des articulations métatarso-phalangiennes immobiles. En même temps la jambe s'incline en avant. Ce mouvement dure en moyenne une demi-seconde; d'abord lent, il va sans cesse en s'accélégrant, puis tout d'un coup les articulations métatarso-phalangiennes quittent le sol, et la jambe se porte rapidement en avant et en haut, presque dans la direction de son grand axe incliné; cela a lieu au moins pendant quelques instants.

C'est dans l'analyse de ce mouvement que l'on doit surtout constater le manque de précision. Mon intention était de prendre une série de photographies instantanées de la jambe pendant la marche; ces photographies auraient été divisées en fonction du temps et de l'espace (comme on le fait pour les observations astronomiques) et on aurait figuré sur elles une veine telle que la saphène, par exemple.

Alors, prenant dans cette veine une tranche de sang et combinant le mouvement dont elle est animée à l'intérieur du vaisseau avec celui du vaisseau dans l'espace, il aurait été facile de dessiner la marche de cette tranche de sang dans l'espace.

Sur ce tracé on se rendrait compte du jeu réel ou fictif des valvules. Il serait révélé par la présence ou l'absence de crochets dans la courbe obtenue.

Malheureusement il m'a été impossible d'entreprendre seul ces recherches, et n'ayant pas trouvé de photographies toutes faites dans les conditions requises, je me borne à indiquer la marche à suivre

pour le cas où quelqu'un penserait cette question digne d'être étudiée.

Nous retombons donc dans l'à peu près, et je suis réduit à faire remarquer qu'à l'instant où le pied se détache du sol, l'œil a peine à le suivre. Le mouvement n'est pas dirigé tout à fait dans l'axe de la jambe, mais son obliquité est assez peu considérable pour ne pas être nuisible. Si, comme je le crois, ce mouvement dépasse de beaucoup en rapidité 20 centimètres par seconde, voilà ce qui doit se passer :

L'élévation du pied et de la jambe a lieu dans la même direction que le cours du sang veineux, nous avons donc une oscillation ascendante; les valvules sont abaissées au début; le sang prend sur elles un point d'appui et en reçoit une impulsion que son inertie prolonge au delà de la durée très courte du mouvement.

Ce phénomène est commun, avons-nous dit, aux veines verticales du pied et de la jambe; mais parmi ces dernières, il doit avoir surtout pour siège le réseau sous-cutané, les veines profondes utilisant plutôt la contraction musculaire, qui agit directement sur elles.

Si je ne craignais d'être un peu trop vulgaire, je comparerais l'effet produit ci-dessus à ce qu'on observe quand des passants circulent par un temps de pluie. En les regardant attentivement, on voit à chaque pas jaillir du talon une goutte d'eau qui souvent retombe en arrière sur la jambe et salit les vêtements. On pourrait dire qu'il se passe quelque chose

d'analogue dans les veines, et que pendant la marche nous projetons ainsi une petite quantité de sang d'un espace intervalvulaire dans les supérieures, au grand avantage de la circulation veineuse.

Les mouvements d'élévation du pied et de la jambe, que nous venons d'étudier n'ont donc sur le cours du sang noir qu'une influence probable; mais cette influence ne peut guère être révoquée en doute pendant la course. Il est de toute évidence que dans ce cas les valvules interviennent continuellement, et la seule objection qui puisse se présenter à l'esprit, c'est que cette intervention ne soit trop énergique pour la fragilité de ces organes.

Pour ce qui est de cette dernière considération, c'est ici le cas de faire intervenir l'utilité du grand nombre de valvules qui existe dans les veines.

Dans la pompe chinoise, une seule soupape suffit à élever l'eau, mais avec fatigue, car on la voit s'affaisser dans la lumière du tube, qu'elle bouche.

Déjà ce fâcheux résultat est atténué dans l'appareil de la figure 5, qui contient plusieurs soupapes.

A plus forte raison doit-il en être ainsi dans les veines; la colonne sanguine y est fragmentée en une foule de petits cylindres qui ont seulement quelques millimètres, 1 ou 2 centimètres au plus de longueur.

Enfin chaque valvule n'a pas à supporter la poussée de ce petit cylindre telle qu'elle serait si elle résultait de la pesanteur. Cette poussée est considéra-

blement atténuée par la vis à tergo, dont il faut toujours tenir compte.

Il y a loin de là aux expériences de Braunn et à la colonne d'eau d'un mètre avec laquelle il n'a pu forcer les valvules des veines afférentes à la fémorale.

Avec la marche et la course les principaux mouvements de la jambe et du pied qui utilisent le principe de la pompe sans piston sont : l'action de monter un escalier, le saut, la natation et certains exercices de gymnastique, etc.

Nous avons examiné le cours du sang veineux dans le pied et dans la jambe chez l'homme; il ne me paraît pas sans intérêt de faire remarquer maintenant une disposition particulièrement intéressante que l'on rencontre dans la circulation du cheval. Chez cet animal coureur le mouvement d'élévation de la jambe est moins marqué que chez l'homme. De plus, le pied ne formant pas d'angle droit avec la jambe, les mouvements antéro-postérieurs ne peuvent y être utilisés de la même façon.

Par contre, il est un artifice de structure qui compense admirablement ce défaut. Le réseau veineux sous-cutané a ses grandes mailles disposées non plus parallèlement à l'axe du membre, mais fort obliquement et souvent même transversalement. Il en résulte que dans ce réseau, grâce aux anastomoses, le sang peut suivre un chemin en lacets comme ceux qui gravissent les montagnes. De plus, l'axe des grandes veines sous-cutanées étant orienté dans la direction des mouvements pendulaires des mem-

bres, le principe de la pompe sans piston y trouve encore son application.

Ce fait peut être interprété de différentes manières. Quant à moi, il me semble qu'il y a là une preuve de plus pour la théorie exposée dans ce travail, et j'ai tenu à la faire valoir.

Dans la cuisse, l'utilité des valvules est déjà réduite, si on la considère comme agissant dans les grosses veines telles que la fémorale; elle a beaucoup plus d'importance dans les vaisseaux qui viennent y verser leur sang plus ou moins obliquement. Des oscillations qui produiraient des effets nuisibles dans ces veines sont au contraire utilisées.

Dans les veines iliaques et la veine cave, nous ne trouvons plus que la valvule d'Eustachi : et, de fait, tout incomplète que soit celle-là, elle paraît suffisante pour son usage. Le sang de la veine cave et des iliaques ne peut être exprimé par des muscles voisins. Il est animé d'une vitesse ordinairement plus considérable que celle du tronc. Dès lors, à quoi bon des valvules sans applications ?

La valvule d'Eustache ne peut avoir d'utilité que dans des mouvements exceptionnels tels que le saut et la chute sur les pieds d'un lieu élevé, elle atténue le reflux.

En continuant l'analyse des mouvements du corps, par ordre topographique, nous arrivons au bras et à la main.

Ici, je me hâte de le dire, je n'entreprendrai pas d'examiner chaque cas en particulier. S'il me fallait,

par exemple, décrire tous les mouvements du bras pendant l'escrime, cela prendrait un temps bien mal employé.

Ce qui caractérise en général l'activité du membre supérieur, c'est l'absence de rythme et une variété indéfinie. Certains mouvements favorisent la circulation ; d'autres, moins nombreux, sont sans action sur elle. En général, on peut dire que plus les mouvements sont violents, plus ils activent le retour du sang veineux.

Je me contente de signaler l'expérience suivante, parce qu'on peut la réaliser sans apprêts et pour ainsi dire à chaque moment de la journée ; elle est d'ailleurs la confirmation directe de notre théorie et paraît faite exprès pour terminer ce travail.

Lorsque nous avons les veines du dos de la main dilatées par la chaleur ou une position déclive, plaçons cette main juste dans l'axe de l'avant-bras et agitons vivement celui-ci par une série de secousses dirigées dans le sens longitudinal des vaisseaux.

Après cinq ou six de ces secousses, la main, fût-elle encore dans une position déclive, on constatera que les veines sont absolument dégonflées et presque vides de sang.

Ici il n'y a pas moyen de faire intervenir la contraction musculaire ; il n'existe pas de muscles sous-cutanés dans le dos de la main d'ailleurs, ni ceux de la main, ni ceux de l'avant-bras ne sont en activité : les muscles qui travaillent actuellement se trouvent dans l'épaule.

Il ne reste pas d'autre explication possible que celle que nous avons donnée concernant le jeu des valvules.

Parmi les principaux travaux manuels qui reproduisent spontanément cette expérience, on peut citer : l'action de lancer une pierre avec la main ; celle de bêcher, de mouvoir une pompe ; beaucoup d'exercices de gymnastique ; l'escrime, la natation et de plus, un grand nombre de mouvements impossibles à classer qu'on observe en regardant travailler des ouvriers dans un chantier.

CONCLUSION

Il m'a semblé utile de réunir ici, dans un dernier chapitre, quelques conclusions qui seront le résumé de ce travail.

1. Une veine étant entraînée dans le mouvement d'un membre, le sang qu'elle contient reçoit une impulsion vers le cœur à condition que le mouvement du membre soit dirigé à peu près dans le sens du grand axe de la veine ; qu'il soit plus rapide que le cours actuel du sang veineux et se termine brusquement.

2. Cette fonction d'activer le retour du sang vers le cœur, par le principe énoncé ci-dessus, paraît surtout dévolue au réseau veineux sous-cutané.

3. A cet effet, ce réseau a son maximum de développement là où les mouvements sont les plus étendus et les plus rapides, particulièrement à l'extrémité des membres.

4. La grande différence de calibre qui existe à ce niveau, entre le système artériel et le système veineux, a pour but en partie de ralentir le cours du sang veineux, ce qui rend plus facile l'application du principe de la pompe chinoise.

5. L'action des valvules est la condition *sine qua non* du concours des mouvements à la circulation

du sang. Cela explique leur absence dans les veines iliaques et dans la veine cave où ce concours ne peut avoir lieu.

6. En disant que les valvules ont pour unique fonction d'empêcher le reflux du sang, on émet une proposition vraie; mais en général on oublie qu'elles ne se bornent pas à s'opposer à un effet nuisible. Elles ont de plus un rôle utile.

En effet, quand ce reflux annihilé résulte d'un mouvement, il est suivi ou précédé d'une accélération du sang dans la veine : accélération que le jeu des valvules détermine ou rend acquise.

7. Au point de vue de l'étiologie des varices, tout ce qui précède permet d'expliquer en partie les fâcheux effets de la marche et de la station debout.

Pendant la marche, le cours du sang est activé dans les jambes, mais avec une certaine fatigue des valvules : pendant la station debout, au contraire, rien ne s'oppose à la dilatation passive des veines sous l'action de la pesanteur.

On comprend que ces deux causes : fatigue des valvules et dilatation des veines puissent avoir, par des procédés divers, une influence manifeste sur le développement des varices.

Vu par le président de la thèse,	Vu, bon et permis d'imprimer,
VULPIAN.	Le vice-recteur de l'Académie de Paris,
	GRÉARD.